



12

Gebrauchsmuster

U1

- (11) Rollennummer G 90 04 535.1
- (51) Hauptklasse B29C 47/92
- (22) Anmeldetag 21.04.90
- (47) Eintragungstag 02.08.90
- (43) Bekanntmachung
im Patentblatt 13.09.90
- (30) Pri 30.05.89 DE 39 17 523.5
- (54) Bezeichnung des Gegenstandes
Vorrichtung zum Verarbeiten von thermoplastischen
Kunststoffen
- (71) Name und Wohnsitz des Inhabers
Beck, Erich, Dipl.-Ing.(FH), 6748 Bad Bergzabern,
DE
- (74) Name und Wohnsitz des Vertreters
Konle, T., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

21.04.90

- 4 -

1

BESCHREIBUNG

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine derartige Vorrichtung ist aus der Zeitschrift "Kunststoffe", Heft 10 3, 1988, Aufsatz "Verbessertes Plastifiziersystem mit integrierter Zahnpumpe" von G. Menges bekannt.

() Bei Schneckenextrudern wird die Temperatur der plastifizierten Kunststoffmasse (Massetemperatur) im wesentlichen von der Knet-Energie bestimmt, welche von der Schnecke aufgebracht wird. Da die Knet-Energie proportional zur Schneckendrehzahl ist, besteht zwischen Massetemperatur und Schneckendrehzahl ein gesetzmäßiger Zusammenhang. Um einen möglichst hohen Förderwirkungsgrad zu erreichen, wird ferner bei Schneckenextrudern ein möglichst geringes Spiel zwischen Schnecke und Schneckenzyylinder angestrebt, so daß die Schneckendrehzahl nicht nur die Massetemperatur, sondern auch den Massedurchsatz und Massedruck bestimmt. Da der Massedruck durch keine anderen Maßnahmen als durch die Schneckendrehzahl beeinflusst werden kann, werden () 25 Schneckenextruder in der Regel so betrieben, daß für einen gewünschten Massedruck die betreffende Schneckendrehzahl eingestellt wird. Da für diese Schneckendrehzahl die zugehörige Massetemperatur meist nicht paßt, wird das Extruder- 30 gehäuse von außen her fremdgekühlt, gelegentlich auch geheizt (DE-B-3 623 679), was indessen eine äußerst träge, erst nach einem längeren Einfahrvorgang wirksame Regelung darstellt und eine relativ ungenaue Einstellung der Massetemperatur erlaubt. Durchsatz- und Temperaturungenauigkeiten 35 führen wiederum zu Dickenschwankungen des Extrudates.

21.04.90

21.04.00

- 5 -

1

Für einen variablen Betrieb mit varriierenden Werkzeug-
einstellungen bzw. unterschiedlichen Foliendicken und
damit wechselnden Massedurchsätzen sind derart lange
Temperatureinregelzeiten hinderlich und teuer wegen der
Ausschußproduktion.

10

Die genannten Unzulänglichkeiten treffen auch bei einer
Kunststoffverarbeitungsvorrichtung nach dem eingangs
genannten Aufsatz von G. Menges in der Zeitschrift
"Kunststoffe" zu, bei welcher einem Schneckenextruder
vorstehender Bauart eine Zahnrادpumpe nachgeschaltet
ist, um den Durchsatz der plastifizierten Kunststoffmasse
und den Massedruck am Werkzeugeingang besser konstant
halten zu können. Die Drehzahlen der fördersteifen Zahn-
radpumpe und des ebenfalls relativ fördersteifen Schnecken-
extruders sind durch entsprechende Regelung starr miteinander
gekoppelt, wobei die Regelgröße der Massedruck am Pumpen-
eingang ist. Da bereits geringe Förderschwankungen des
Schneckenextruders zu starken Vordruckschwankungen an
der Pumpe führen, muß die Schneckendrehzahl nachgeführt
werden, um den zulässigen Pumpenvordruck nicht zu über-
schreiten. Die Massetemperatur ändert sich wegen der
fördersteifen (= spielfreien bzw. schlupffreien) Charak-
teristik des Schneckenextruders entsprechend den Regelein-
griffsänderungen der Schneckendrehzahl, was zur Folge
hat, daß die so verursachten Temperaturschwankungen über
eine Schneckenzyylinderheizung und -kühlung kompensiert
werden sollen. Die bereits beschriebenen Nachteile einer
trägen und nicht zielsicheren Massetemperatur-einstellung
sind daher auch bei dieser bekannten Vorrichtung vorhanden.

35

Die Aufgabe der Erfindung besteht demgegenüber darin,
bei einer Vorrichtung der eingangs erwähnten Art eine

21.04.10

16

1

5

möglichst trägheitslose Einstellung und Stabilisierung der Massetemperatur für konstanten Durchsatz und Massedruck am Eingang des am Extrusionswerkzeugs zu erzielen.

10

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des ~~Patent~~^{Anspruchs} 1 gelöst.

15

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

20

25

30

35

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, nicht nur die Druckerzeugung (wie bei der Vorrichtung nach Menges), sondern auch den Durchsatz von der Schneckendrehzahl vollständig zu entkoppeln, um so den zusätzlichen Freiheitsgrad zu haben, die Schmelzetemperatur und die Homogenität der Kunststoffmasse durch Drehzahländerungen der Extruderschnecke einzustellen, und zwar bei einer für die Erzeugung von Qualitätsprodukten erforderlichen Durchsatzkonstanz. Dies gelingt im Sinne einer trägheitslosen Einstellung und Stabilisierung der Massetemperatur durch die Kombination eines förderweichen Schneckenextruders oder einer anderen, rührwerksähnlichen Förder- und Aufschmelzeinrichtung mit förderweicher Charakteristik mit einer fördersteifen Pumpe, z. B. Zahnradpumpe, mit nahezu linearem Drehzahl/Durchsatz-Verhältnis. Der förderweiche Schneckenextruder erzeugt über seinen Betriebsdrehzahlbereich unabhängig von Durchsatz einen Maximaldruck, der den zulässigen Pumpenvordruck nicht überschreitet oder zumindest in weiten Drehzahlbereichen innerhalb des zulässigen Pumpenvordrucks bleibt. Die fördersteife Pumpe sorgt dafür, daß bei wirtschaftlich vertretbaren Durchsätzen die notwendigen Massedrucke

9004535

1

im Werkzeug auch bei niedrigen Temperaturniveau erreicht
werden. Der volumetrische Förderwirkungsgrad des förder-
5 weichen Schneckenextruders ändert sich bei der genannten
Betriebsweise über den gesamten Leistungsbereich sehr
stark, was bewußt für die erfindungsgemäßen Zwecke ausge-
nutzt wird, um die MassetemperaturEinstellung ausschließ-
lich durch Änderung der Schneckendrehzahl zu bewirken.
10 Dies setzt voraus, daß die Extruderschnecke bekannter
Bauart soweit verändert wird, daß sie die Betriebscharak-
teristik eines kontinuierlichen Rührwerks (Schlupfläuer
mit geringer Druckerzeugung) annimmt und der Schmelze-
(bzw. Massedurchsatz durch die nachgeschaltete förder-
15 steife Schmelzpumpe exakt einstellbar ist. Diese Veränderung
der Extruderschnecke erfolgt durch eine starke Vergrößerung
des Schneckenspiels, wodurch der Schmelze- und Homogeni-
siermechanismus nicht mehr im wesentlichen durch die
transversale Schneckenkanalströmung, sondern durch mehr-
20 maliges Überströmen der Schneckenstege oder Mischelemente
bewirkt wird. Die Förderwirksamkeit wird dadurch so stark
abgesenkt, daß der Schneckendruckaufbau über den gesamten
Drehzahlbereich auf niedrigem, dem zulässigen Vordruck
der Schmelzpumpe entsprechendem Niveau bleibt. Die Mindest-
25 drehzahl des förderweichen Schneckenextruders ist gegeben
(durch den Mindestdruck, der zur vollständigen Füllung
der fördersteifen Schmelzpumpe erforderlich ist. Bei
diesem unteren Grenzdruck kann die minimale Massetemperatur
erreicht werden. Durch Drehzahlsteigerung bis zum oberen
30 Grenzwert (=zulässiger maximaler Pumpenvordruck) bei
gleichbleibendem Durchsatz erreicht die Massetemperatur
ihren maximalen Einstellwert.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen
35 näher erläutert. Es zeigt:

21.04.80

- 8 -

1

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Verarbeiten von thermoplastischen Kunststoffen, bestehend aus einem förderweichen Schneckenextruder und einer nachgeschalteten fördersteifen Zahnradpumpe, und

Fig. 2 ein Diagramm für den Verlauf der Massetemperatur in Abhängigkeit von der Drehzahl des Schneckenextruders gemäß Fig. 1 für vier verschiedene Durchsatzwerte.

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung 1 verarbeitet thermoplastische Kunststoffe, wie beispielsweise LDPE (= low density polyethylene bzw. Polyäthylen niedriger Dichte) oder HDPE (= high density polyethylene bzw. Polyäthylen hoher Dichte). Diese Kunststoffe werden in rieselfähiger Gestalt, insbesondere als Granulat, einem Aufgabetrichter 13 der Vorrichtung 1 zugeführt, wo sie aufgeschmolzen (plastifiziert) und einem nicht dargestellten Werkzeug mit definiertem Durchsatz und konstantem Masse-
druck zugeführt werden.

Die Vorrichtung 1 umfaßt im dargestellten Beispielsfalle einen Schneckenextruder 10, welchem eine Zahnradpumpe 20 nachgeschaltet ist. Der Schneckenextruder 10 besteht im wesentlichen aus einem Extrudergehäuse (Schnecken-
zylinder) 11 mit darin gelagerter Extruderschnecke 12, die im gezeigten Ausführungsbeispiel zwei Schnecken-
gänge aufweist. Die Schneckenstege weisen zu der Innenwand des Extrudergehäuses 11 ein großes Spiel auf. Im Bereich A weist die Extruderschnecke eine Kurzkompressionszone auf, auf welche an anderer Stelle noch näher einge-

9004538

1004538

1

gangen wird. Infolge des großen Spieles zeigt die Extruders-
schnecke 12 eine förderweiche Charakteristik, wie bereits
5 an anderer Stelle ausführlich erläutert wurde.

Am Ende des Schneckenextruders 10 ist im dargestellten
Beispielsfall die Zahnradpumpe 20 angeflanscht, welche
eine fördersteife Charakteristik hat. Sowohl der Schnecken-
10 extruder 10 als auch die Zahnradpumpe 20 sind von einer
Mantelisolierung 14 umgeben, um möglichst wenig umgesetzte
Wärme nach außen an die Umgebung abzuführen.

Zur Vorheizung des Extrudergehäuses 11 und der Zahnrad-
15 pumpe 20 vor Betriebsbeginn sind auf den jeweiligen Außen-
flächen der Gehäuse Heizmanschetten 16 bzw. 21 aufgebracht,
welche mit einem nicht gezeigten Temperaturregelkreis
verbunden sind, um das Gehäuse 11 auf die gewünschte
Betriebstemperatur vorzuheizen. Ferner befindet sich
20 am Extrudergehäuse 11 unmittelbar am Einlauf ein Kühl-
ring 15, um einen Rückfluß von Schmelze in den Einlauf-
bereich der Extruderschnecke 12 zu verhindern.

Die Zahnradpumpe 20 weist zwei gegenläufig rotierende,
25 miteinander kämmende Förderzahnrad 22, 23 auf, wobei
sich die Zahnräder 22, 23 in Verlängerung der Drehachse
der Extruderschnecke 12 treffen. Dementsprechend stellt
der Förderkanal 24 der Pumpe 20 die unmittelbare Ver-
längerung der Innenbohrung des Extrudergehäuses 11 dar.
30 Am Übergang zwischen Extrudergehäuse 11 und Zahnradpumpe
20 befindet sich vor dem Förderkanal 24 ein Schutzsieb
25, welches den Eintritt von Fremdkörpern in die Pumpe
20 verhindert.

35 Am Ausgang der Innenbohrung des Extrudergehäuses 11 ist
ein Temperaturmeßfühler 31 angebracht, um die momentane

0004538

21.04.90

- 10 -

1

Temperatur der plastifizierten und homogenisierten Kunststoffmasse beim Austritt aus dem Schneckenextruder 10 als elektrisches Signal zu erfassen und auf einer Anzeige 30 anzuzeigen. Der Anzeige 30 wird ferner die momentane Drehzahl U_{ist} der Extruderschnecke 12 über einen Tachogenerator 32 zugeführt. Über einen Steller 50 wird die Drehzahl des Antriebsmotors 40 der Extruderschnecke 12 solange verstellt, bis auf der Anzeige 30 die gewünschte Massetemperatur angezeigt wird.

Am Ausgang des Förderkanals 24 der Zahnradpumpe 20 ist ein Druckmeßfühler 61 angebracht, um den Massedruck beim Eintritt in die Pumpe 20 als Maß für den Durchsatz zu erfassen. Das Meßsignal P_{ist} für den momentanen Massedruck wird einer Anzeige 60 zugeleitet. Über einen Steller 80 wird die Drehzahl des Antriebsmotors 70 der Zahnradpumpe 20 solange verstellt, bis auf der Anzeige 60 der gewünschte Massedruck bzw. Durchsatz angezeigt wird.

Anhand des Diagramms nach Fig. 2 soll erläutert werden, daß die Stabilisierung der Massetemperatur autostatisch im Gleichgewicht zwischen mechanischen Antriebsleistung und Enthalpiezuwachs der Schmelze erfolgt. Das Diagramm nach Fig. 2 wurde bei einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 mit einem Schneckendurchmesser von 40 mm für Polyäthylen niedriger Dichte (LDPE) mit einem Schmelzindex Mfi (melt flow index) von 0,7 für vier unterschiedliche Durchsatzleistungen 30 kg/h, 40 kg/h, 50 kg/h und 60 kg/h aufgenommen. Bei einem Durchsatz von z. B. 50 kg/h wurde über einen Schneckendrehzahlbereich von 380 bis 530 Upm ein Massetemperaturbereich von 167 bis 189 °C durchfahren. Der dazugehörige Pumpenvordruck (Massedruck am Eingang der Zahnradpumpe 20) lag dabei zwischen 20 und 100 bar.

900.421

21.04.90

- 11 -

1

Da der Schneckenextruder 10 quasi-adiabatisch betrieben wird, ist die Drehzahl/Temperaturreaktion praktisch trägheitslos. Die auftretenden Druckschwankungen zwischen
5 Schneckenextruder 10 und Zahnradpumpe 20 betragen im praktischen Produktionsbetrieb nur wenige bar. Infolge der Entkopplung von Schnecken- und Pumpendrehzahl lassen sich Energieumsatz (Temperatur) und Durchsatz unabhängig
10 voneinander einstellen. Da das Energieumsatzgeschehen im Schneckenextruder 10 von innen nach außen abläuft, wäre eine Temperaturführung des Extrudergehäuses durch Heizungsregelung nur störend. Durch die möglichst gute Isolierung von Extruderschnecke 10 und Zahnradpumpe 20
15 wird neben der Schaffung eines quasi-adiabatischen Systems der weitere Vorteil eines verringerten Energieverlustes nutzbar gemacht.

Die Einstellung der Temperatur erfolgt in der Weise, daß zunächst der gewünschte Durchsatz durch Vorgabe der
20 Pumpendrehzahl (Steller 80; Fig. 1) eingestellt wird (Pfeil A im Diagramm für 60 kg/h gemäß Fig. 2). Die Masse-temperaturfestsetzung erfolgt durch Einstellung der Extruderdrehzahl entsprechend der Temperaturvorgabe am
25 Steller 50 (Pfeil B über Punkt C in Fig. 2, bei dem der Mindestdruck zur Befüllung der Zahnradpumpe 20 und die Mindesttemperatur von 168 °C herrschen). Durch weitere Steigerung der Schneckendrehzahl bis Punkt D wird die gewünschte Temperatur von 182 °C erreicht. Da die Tem-
30 peraturmessung unmittelbar am Schneckenende erfolgt (Meßfühler 31), verläuft die Drehzahl/Temperatur-Reaktion (entsprechend dem Zusammenhang zwischen mechanischen Energieumsatz und Enthalpie-Zuwachs) praktisch trägheitslos.

35

21.04.90

- 12 -

1

Die Stabilisierung der eingestellten Temperatur ergibt sich indirekt über die Viskosität der Kunststoffmasse in der Weise, daß jede Abweichung der dem jeweiligen Betriebszustand entsprechenden Viskosität und der mit ihr korrespondierenden Massetemperatur eine Änderung der Leistungsaufnahme der Extruderschnecke und damit eine entsprechende Änderung der in der Masse erzeugten Wärme zur Folge hat, welche die genannte Abweichung wieder rückgängig macht. Die Extruderschnecke 12 arbeitet hierbei als eine Art "Viskositätsfühler". Bei einem einmal eingestellten Betriebszustand besteht ein fester Zusammenhang Viskosität/Schneckenumfangsgeschwindigkeit/Massetemperatur. Solange ein in relativ engen Grenzen gleichmäßiger thermoplastischer Kunststoff entsprechend heutigem Herstellerstandard eingespeist wird, bedeutet gleiche Viskosität bei gleicher Schergeschwindigkeit auch gleiche Temperatur. Erfahrungsgemäß bewegen sich die Temperaturabweichungen bei den heute üblichen Typrohstoffen um 1 °C. Eine bewußt herbeigeführte Viskositätsänderung, z. B. durch einen Wechsel des Materials LDPE von Mfi 0,3 auf Mfi 1,5 führt innerhalb von Sekunden zu einer Temperaturabsenkung auf einen, den geänderten Bedingungen entsprechenden Wert. Eine gewünschte Änderung der sich selbst einstellenden Temperatur kann nunmehr auf gleiche Weise durch Neufestsetzung der Schneckendrehzahl herbeigeführt werden.

Erfahrungsgemäß funktioniert die geschilderte Temperaturstabilisierung auch für Mischungen, z. B. aus LDPE und HDPE, sowie für andere thermoplastische Kunststoffe mit ähnlich unterschiedlichen Mfi-Werten. Dies ist damit zu erklären, daß die Extruderschnecke 12 mit einem Drehmoment belastet wird, das sich aus der Mischviskosität, der Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Auslauftemperatur für die LDPE-Komponente und der Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Auslauftemperatur für die HDPE-Komponente ergibt.

9004535

21.04.90

- 13 -

1

Die Rückrechnung aus Antriebsleistung und Schneckendrehzahl ergab beispielsweise für eine Temperaturdifferenz von 20 °C zwischen Einlauf-temperatur (160 °C) und Auslauf-temperatur (180 °C) bei einer hohen Mischviskositäts-
wert von etwa dem 10-Fachen der Schmelzeviskosität am Schneckenausgang. Kommen hingegen Kunststoffmischungen mit nicht gleichmäßigem Regenerat oder Regenerate mit verschiedenen Mfi-Werten zur Verarbeitung, dann erkennt man an den auftretenden Massetemperaturschwankungen die Unterschiede in den Mfi-Werten. Indessen kann im Falle der Herstellung von Blasfolien trotz Schwankungen des Mfi-Wertes die Blasenstabilität und damit die Produkt-
qualität durch den geschilderten Stabilisierungsmechanismus mit Viskositätskonstanz in engeren Grenzen gehalten werden als dies der Fall wäre, wenn eine Massetemperaturstabilität mit starken Viskositätsänderungen einherginge.

Selbstverständlich ist auch bei Schmelzepumpen die Änderung der Dichte mit der Massetemperatur und damit des Durchsatzes zu berücksichtigen. Diese Durchsatzabweichung bei konstanter Pumpendrehzahl kann aber über die Schlupfänderung kompensiert werden durch eine sich selbst einstellende Änderung des Differenzdrucks zwischen Ein- und Ausgang der Pumpe. Wird z. B. die Massetemperatur gemäß Fig. 2 von 168 °C auf 182 °C durch Änderung der Schneckendrehzahl von 425 U/min auf 520 U/min erhöht (Pfeil B), so vermindert sich die Dichte und damit der Durchsatz um (gemessene) 1,4 %. Die gleichzeitig der Pumpenvordruck (Fülldruck) von 20 bar auf 70 bar ansteigt und Viskositätsabnahme vermindert wird, reduziert sich der Pumpendruckdifferenz und damit der Schlupfwert. Eine nahezu vollständige Kompensation kann durch geeignete Auswahl der Schneckenschlupfmaße erreicht werden.

21.04.90

9004535

- 14 -

1

Die vorstehend im Zusammenhang mit Fig. 1 erwähnte Ver-
wendung einer Kurzkompressionszone am Schneckenanfang
5 hat den Zweck, die Verweilzeitspektren in der Feststoff-
und in der Schmelzephase dadurch einzuengen, daß die
Phasentrennung auf den Umfang einer mehrgängigen Schnecke
verlegt wird. Gegenüber einer Phasentrennung mit Trenn-
linie entlang des Schneckenganges ist das Verweilzeit-
10 spektrum bei einer Phasentrennung auf dem Schneckenumfang
wesentlich schmaler. Diese Einengung des Verweilspektrums
geht einher mit einer äußerst gleichmäßigen Umwandlung
des aufgegebenen Kunststoffmaterials von der Fest- in
die Flüssigphase.

15

20

25

30

35

9004535

1

5

ZUSAMMENFASSUNG

10 Zur möglichst trägheitslosen Einstellung der Temperatur
 einer plastifizierten Kunststoffmasse bei gleichzeitiger
 Konstanz des Durchsatzes wird eine Kombination aus einer
 förderweichen Extruderschnecke und einer nachgeschalteten,
 fördersteifen Zahnradpumpe vorgeschlagen. Die Drehzahlen
 von Extruderschnecke und Pumpe sind unabhängig voneinander
 15 einstellbar. Infolge ihrer förderweichen Charakteristik
 hängt der Förderwirkungsgrad und damit der spezifische
 Energieumsatz der Schnecke sehr stark von der Antriebs-
 drehzahl ab. Der Schneckendruckaufbau über den gesamten
 Drehzahlbereich bleibt dabei auf niedrigem Niveau unter-
 20 halb des zulässigen maximalen Pumpenvordrucks. Die Masse-
 temperatur am Schneckenausgang folgt damit der Drehzahl,
 was zur Temperatureinstellung über Drehzahlverstellung
 ausgenutzt wird. Der Durchsatz folgt der Drehzahl der
 fördersteifen Pumpe, so daß sich diese Betriebsgröße
 25 durch Verstellen der Pumpendrehzahl einstellen läßt.
 Eine Dichte/Schlupfkompensation verhindert eine Durchsatz-
 instabilität bei veränderlicher Massetemperatur.

(Fig. 1)

30

35

1.04.00

1

5

**VORRICHTUNG ZUM VERARBEITEN VON THERMO-
PLASTISCHEN KUNSTSTOFFEN**

10

ANSPRÜCHE

15

1. Vorrichtung zum Verarbeiten von thermoplastischen Kunststoffen, mit

- einer Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) für granulatförmiges Kunststoffmaterial, und

20

- einer von der Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) mit plastifizierter Kunststoffmasse gespeisten, fördersteifen Pumpe (20), deren Durchsatz/Drehzahl-Verhältnis im wesentlichen proportional verläuft, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drehzahl der Pumpe (20) von der Antriebsdrehzahl der Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) entkoppelt ist und entsprechend dem gewünschten Durchsatz der Kunststoffverarbeitungsvorrichtung (1) einstellbar ist, daß die Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) förderweich ausgebildet ist, derart, daß sich ihr volumetrischer Förderwirkungsgrad über den Drehzahlbereich stark ändert, daß die Zufuhr von granulatförmigem Kunststoffmaterial derart erfolgt, daß die förderweiche Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) im gesamten Drehzahlbereich vollständig

35

9004535

gefüllt ist und soviel Kunststoffmasse fördert, daß der Mindestfolldruck der Pumpe (20) erreicht ist, daß der Maximaldruck der förderweichen Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) zumindest in weiten Drehzahlbereichen unterhalb des gewünschten Vordrucks der fördersteifen Pumpe (20) gehalten wird, und daß die Temperatur der plastifizierten Kunststoffmasse durch entsprechende Wahl der Drehzahl der Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) einstellbar ist, wobei der eingestellte Betriebspunkt der Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) dem Gleichgewichtszustand zwischen eingetriebener mechanischer Leistung und der Summe aus Enthalpiezuwachs der Kunststoffmasse und Verlustleistung entspricht und selbststabilisiert ist.

20

25

35

21.04.90

- 3 -

1

schmelzeinrichtung (10) eine Kurzkompressionszone am
Schneckenanfang vorgesehen ist.

5

10

15

20

25

30

Fig. 1



